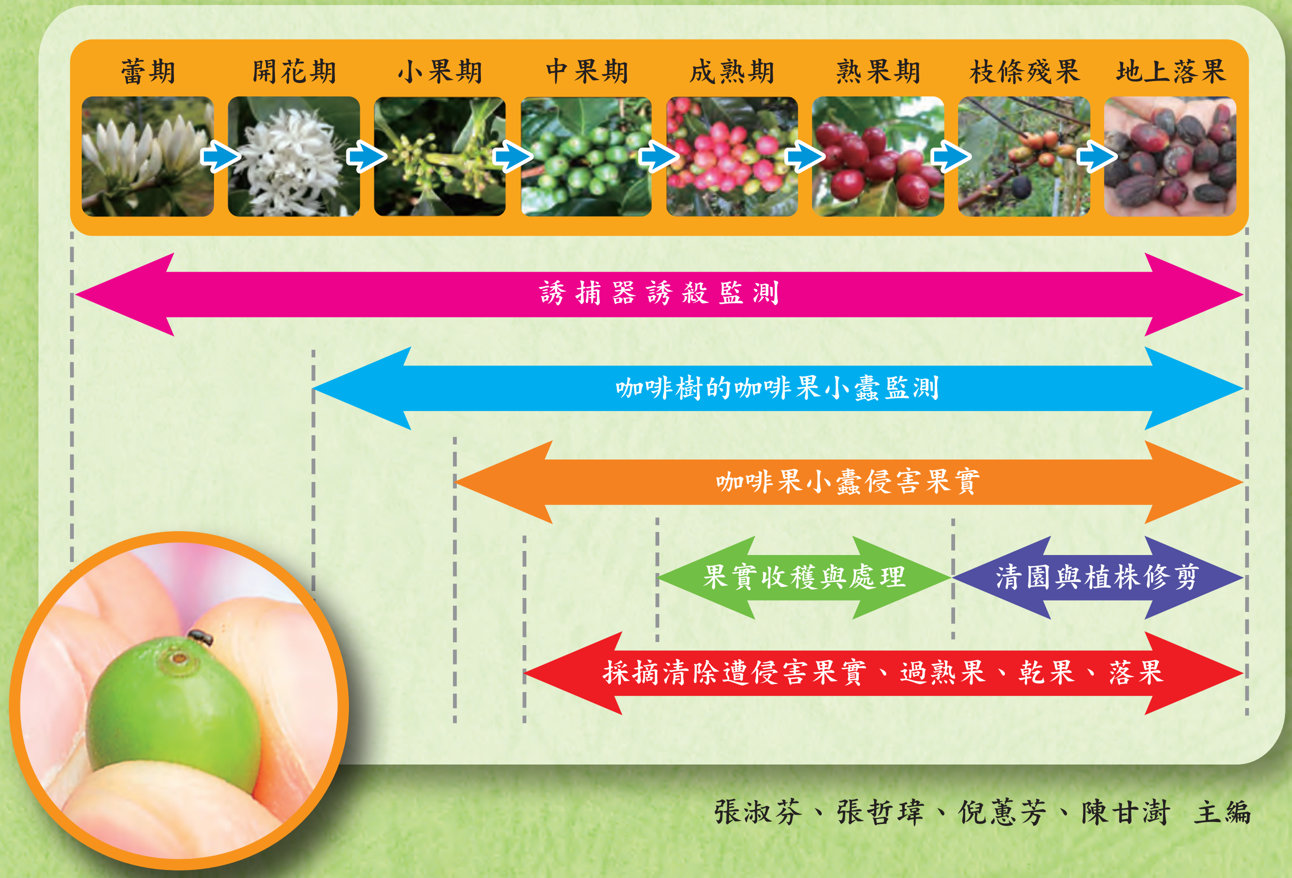
ISBN 978-986-5440-48-0

農業試驗所特刊第二二四號 咖啡果小蠹防治研究暨田間綜合管理研討會 專刊 行政院農業委員會農業試驗所

農業試驗所特刊第224號

咖啡果小蠹防治研究暨田間綜合管理研討會

專刊



張淑芬、張哲瑋、倪蕙芳、陳甘澍 主編

行政院農業委員會農業試驗所

咖啡果小蠹防治研究
暨田間綜合管理研討會 專刊

編者：張淑芬、張哲瑋、倪蕙芳、陳甘澍

主辦單位：行政院農業委員會農業試驗所
嘉義農業試驗分所
協辦單位：行政院農業委員會農糧署

行政院農業委員會農業試驗所 編印
中華民國一〇八年十一月

咖啡果小蠹防治研究暨田間綜合管理研討會

開會時間：108 年 11 月 25 日 (星期一) 上午 9 時
開會地點：嘉義農業試驗分所行政大樓 3 樓會議室
(600 嘉義市民權路 2 號)
主辦單位：行政院農業委員會農業試驗所嘉義農業試驗分所
協辦單位：行政院農業委員會農糧署

時　間	議　程　內　容	主持人 / 主講人
09:00-9:30	來賓報到	
9:30-9:40	長官致詞	農業試驗所 嘉義農業試驗分所 陳甘澍 分所長
9:40-10:50	咖啡果小蠹之生態 及物理防治之應用	國立嘉義大學植醫系 林明瑩 助理教授
10:50-12:00	咖啡果小蠹噴藥防治時機 及化學藥劑篩選	農業試驗所 嘉義農業試驗分所 王泰權 助理研究員
12:00-13:00	午餐	
13:00-14:10	咖啡果小蠹防治 之綜合管理策略	農業試驗所 嘉義農業試驗分所 張淑芬 副研究員
14:10-15:20	可應用於咖啡園田間 之省工機械與管理系統	農業試驗所 農業工程組 黃國祥 助理研究員
15:20-16:00	可應用於咖啡園田間 之省工機械操作簡介	農業試驗所 農業工程組 林建志 助理研究員
16:00	賦歸	

序

臺灣中部北回歸線通過，剛好位於咖啡帶範圍內，風土環境適合咖啡生長。1999年921大地震後，正逢各地傳統產業結合觀光休閒事業，使得臺灣咖啡又再度蓬勃發展，栽培面積已超過1千公頃，朝向精品咖啡目標邁進，不僅品質大幅提升，也屢次於世界評比大賽大放異彩。

根據行政院農業委員會農糧署統計，近十年臺灣咖啡生產面積從2008年608公頃，收穫生豆量533公噸，到2018年增加至1,167公頃，收穫生豆量則達1,018公噸，產值約新臺幣9.4億元。目前咖啡種植面積超過100公頃的縣市計有：屏東縣(218公頃)、南投縣(178公頃)、臺東縣(175公頃)、嘉義縣(141公頃)、高雄市(131公頃)。各產區的收穫量易受到當地的氣候環境、咖啡品種、栽培管理技術、病蟲害等因子影響，造成各地區的收穫量與種植面積未能有一致的趨勢。

本所嘉義農業試驗分所多年來致力於咖啡研究，協助農民增進栽培管理技術，近年來咖啡果實受咖啡果小蠹危害愈來愈嚴重，產量與品質大受影響，為了讓種植者能夠做好防治工作，於108年11月25日辦理「咖啡果小蠹防治研究暨田間綜合管理研討會」，提出有效的管理及防治咖啡果小蠹的策略，內容包括：咖啡果小蠹之生態及物理防治之應用、噴藥防治時機及化學藥劑篩選、防治之綜合管理策略及可應用於咖啡園田間之省工機械與管理系統，以降低咖啡果小蠹所造成的經濟損失，期能協助臺灣咖啡產業持續發展。

咖啡在臺灣栽培歷史已有百年之久，早期咖啡銹病問題藉由引種獲得改善解決，現今面臨咖啡果小蠹之危害，急需尋求防治方法及田間綜合管理策略，以協助咖啡農確保咖啡的產量與品質。另面對未來氣候變遷的挑戰，咖啡產業發展仍需繼續努力研究栽培及管理的問題，讓咖啡產業永續蓬勃發展。

行政院農業委員會農業試驗所

所長 林學詩 謹誌

中華民國一百零八年十一月二十五日

目　　錄

咖啡果小蠹之生態及物理防治之應用

林明瑩、魏紹華 01

咖啡果小蠹噴藥防治時機及化學藥劑篩選

王泰權 13

咖啡果小蠹防治之綜合管理策略

張淑芬、倪蕙芳、林建志、張哲瑋 21

可應用於咖啡園田間之省工機械與管理系統

黃國祥、陳俊仁、李易樺、余紋萱 47

咖啡果小蠹之生態及物理防治之應用

林明瑩[1*]、魏紹華[2]

[1]國立嘉義大學植物醫學系助理教授
[2]國立嘉義大學植物醫學系研究生
[*]通訊作者：mylin@mail.ncyu.edu.tw

摘要

咖啡果小蠹為咖啡產業上最具威脅性的害蟲，幾乎分布於全世界的咖啡產區，臺灣於2007年開始遭受到此蟲為害國內的咖啡的生產。雄蟲的翅退化，僅雌蟲具飛行能力，雌蟲自咖啡果實臍部鑽入取食及產卵，孵化的幼蟲於果實內部鑽食，造成果實呈現許多孔洞喪失商品價值。此蟲幼蟲具2個齡期，蛹與雄蟲終身均存在於果實內部。在誘殺防治部份，多數均以紅色的誘殺器，內含甲醇+乙醇1：1進行誘殺。此誘殺器可視為監測或誘殺的器具，於咖啡園進行懸掛定期添加誘引劑可進行持續的誘殺，有效達到降低咖啡園族群的密度。

關鍵詞：咖啡果小蠹、生活史、物理防治 Keywords: Coffee berry borer, Life history, Physical control

前言

咖啡果小蠹自2007年在臺灣的咖啡首度發現其蹤跡 (林等，2010) 以來，隨著國內咖啡產業的快速發展，此蟲已幾乎隨著咖啡的種植而分布至國內各個產區，且造成不同程度的危害(林等，2015)。由於咖啡果小蠹的生態習性特殊，此蟲除雌蟲外，其餘生

長階段均躲在咖啡果實中，實不易進行防治(林與陳，2015；朱等，2017)。本文主要著重在咖啡果小蠹的形態、生態以及物理防治運用進行介紹，以期對此蟲的相關資訊有更清楚的了解。

咖啡果小蠹

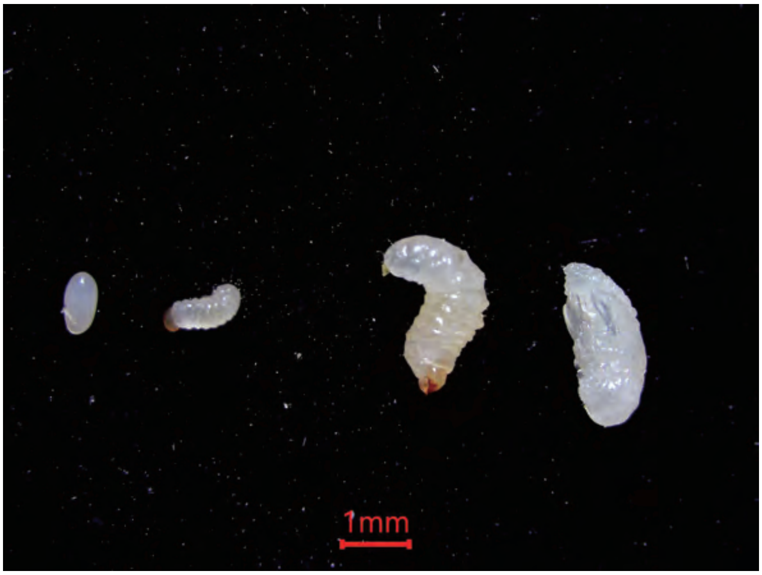
此蟲學名為：*Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae)，屬鞘翅目、象鼻蟲科、小蠹蟲亞科的昆蟲。英文名為Coffee berry borer (CBB)，主要危害咖啡果實(圖一)。

圖一、咖啡果小蠹與受害的咖啡果實

咖啡果小蠹之形態特徵

卵為橢圓或卵形(圖二)，初產下時呈乳白色且有光澤，長約0.5-0.8mm，寬0.25-0.35mm。

在幼蟲部份，雌蟲具有2個齡期，而雄蟲為1齡期，白色、無足，呈蠕蟲狀的身體，幼蟲體上具毛但稀疏，頭部具褐色下口式的咀嚼式口器，胸部具3個體節，腹部則為9節，口器發達，第1齡幼蟲體長約0.6-0.8mm，已經完全發育第2齡的雌蟲幼蟲體長為2.2 mm。



圖二、咖啡果小蠹的卵、1齡幼蟲、2齡幼蟲與蛹
(由左至右)

蛹為白色，發育10天後變為黃色，大顎、眼、觸角、鞘翅及膜翅，各部位明顯區分並易於分辨，雌蟲長度1.7mm，雄蟲長度1.2 mm (林等, 2015)。

圖三、咖啡果小蠹雌成蟲

雌成蟲體長1.4-1.6mm、寬1mm，雄成蟲體型較小，但不同地區的體型大小可能有所差異。甫羽化的成蟲(圖三)為棕色，但隨著

時間的增加而成熟，逐漸轉為黑色。成蟲體呈黑色，雄成蟲翅膀退化，不具飛行能力。成蟲觸角絲節 (funicle) 通常具5節，觸角錘節第1縫線幾乎筆直並部分分隔；第2縫線略微彎曲，並具有剛毛。前額隆起，中間具深且長之縫線，表面具網狀細紋，複眼稍凹陷。前胸背板上具細小突起，後側邊緣具小顆粒狀突起，前側邊緣具約4-8個大小相等的齒狀突起，鞘翅上具許多非直立剛毛 (seta)。

雌成蟲的鑑定特徵包括：前胸背板的前緣具4個齒狀突起 (少數為6個)，翅鞘上具直立剛毛，光滑且有光澤的鞘翅上著生許多剛毛，其排列的長度為其寬度的8倍以上，頭部的額中縫線長且輪廓分明(Waller et al., 2007)。

分布

咖啡果小蠹在許多種植阿拉比卡及羅布斯塔咖啡的低海拔國家中為一種嚴重的咖啡害蟲，在海拔高於1,370公尺時很少發現其造成嚴重危害，並且在高於1,680公尺時未發現該物種 (CABI, 2019)。咖啡果小蠹首次被描述是在1876年，由Ferrari於貯藏中的咖啡豆上發現。

咖啡果小蠹迄今幾乎已遍布於全世界所有生產咖啡的國家，如亞洲的汶萊、柬埔寨、印度 (卡納塔克邦、喀拉拉邦、泰米爾納德邦)、印尼 (爪哇、蘇拉威西、蘇門答臘)、韓國、寮國、馬來西亞(馬來西亞半島、沙巴、沙撈越)、菲律賓、斯里蘭卡、臺灣、泰國、越南。非洲的安哥拉、貝寧、布隆迪、喀麥隆、中非共和國、查德、剛果、剛果民主共和國、科特迪瓦、赤道幾內亞、埃塞俄比亞、加蓬、加納、幾內亞、肯亞、賴比瑞亞、馬拉威、莫桑比克、奈及利亞、盧旺達、聖多美普林西比、塞內加爾、塞拉利昂、西班牙(加那利群島)、蘇丹、坦尚尼亞、多哥、烏干達、津巴布韋。北美的墨西哥、美國(夏威夷)、中美洲和加勒比海的哥斯大黎加、古巴、多明尼加共和國、薩爾瓦多、瓜地馬拉、海地、宏都拉斯、牙買加、尼加拉瓜、巴拿馬、波多黎各。南美洲的玻利維亞、巴西(聖埃斯皮里圖、米納斯吉拉斯州、帕拉、帕拉納、朗多尼亞、聖

保羅)、哥倫比亞、厄瓜多爾、秘魯、蘇里南、委內瑞拉、歐洲西班牙、大洋洲、密克羅尼西亞聯邦、斐濟、法屬波利尼西亞、新喀裡多尼亞、北馬里亞納群島 (CABI, 2019)。

寄主範圍

咖啡果小蠹幾乎發生在所有咖啡品種上，其中阿拉比卡 (*Coffea arabica*)最吸引咖啡果小蠹，其次是羅布斯塔 (*C. canephora*)。且在茂密的森林中生長的野生咖啡，其果實亦常被嚴重危害 (Waller et al., 2007)。

生活史

從產卵到成蟲，咖啡果小蠹的生活史需要28-35天，在羽化前會在漿果中生長1-2週，由於其偏好老熟的漿果，生活史可能不會在採收前完成，因此亦會有危害綠色未成熟果的可能。雌成蟲會鑽入漿果進到種子並產卵於孔道中，在3-7週的時間內，最多可產下60粒卵，卵於5-9天內孵化 (Waller et al., 2007)，孵化之幼蟲於漿果內取食咖啡豆(圖四)，幼蟲期約為10-16天，在化蛹前蛻皮兩次，具有2個齡期，蛹期則持續4-9天。族群密度高之咖啡園，於咖啡漿果

圖四、受咖啡果小蠹為害的果實內部(左)

內常可見到同時有卵、幼蟲、蛹及成蟲同時存在的情形 (圖五)。

雌成蟲在羽化後不久即具有繁殖能力，在漿果中與雄成蟲交配，並於3-4天後開始產卵，雄成蟲不具飛行能力，並且一生最多可與30隻雌成蟲交配。雄成蟲壽命約為20-87天，雌成蟲壽命可達157天，在烏干達常年都有咖啡漿果的存在，咖啡果小蠹每年可能有8到9個世代，每30天完成其生活史，但是在哥倫比亞，每年僅繁殖2到3個世代 (Waller et al., 2007)。

其生長及繁殖速率在29-33℃最快，採近親繁殖，雌雄比約10:1 (Vijayalakshmi et al., 2002)。許多小蠹蟲亞科的物種都仰賴於其蟲孔中的真菌作為營養來源，咖啡果小蠹依賴鐮孢菌 (*Fusarium solani*) 才能成功繁殖，並且此真菌孢子藉由黏附在雌蟲的前胸，被帶到新的蟲孔中 (Morales-Ramos et al., 2000)。

圖五、受害的咖啡果實中可同時發現成蟲、蛹、幼蟲

生態及危害習性

咖啡果小蠹大多危害老熟漿果(圖六)，於漿果頂點附近穿孔並侵入(圖一)，在哥倫比亞，幼蟲的高存活率和快速發育需要至少120天的成熟漿果，幼蟲取食消耗掉一粒或兩粒種子。

受損的漿果掉落，或者容易被細菌和真菌感染而腐爛，被咖啡果小蠹危害的漿果，其中果皮的腐爛與*Erwinia steartii*及*E. salicis*兩種細菌有關 (Damon, 2000)，另外在濃蔭下種植且疏於修剪的咖啡樹，其危害更為嚴重。

咖啡果小蠹雌蟲在開花後8週到採收期間，為害發育中的咖啡漿果(超過32週)，對老熟咖啡漿果具明顯偏好。於胚乳產卵，但僅在其乾重超過約20% 時，才適合繁殖，漿果的這個發育階段約為開花後的16週 (取決於環境溫度)，因此如果雌蟲為害水狀胚乳的漿果，則只會穿透到中胚層，並在較短的孔道中等待，直到漿果成熟，有時甚至持續長達數週。

研究顯示，咖啡果小蠹危害尚未發育之漿果時死亡率高，推測是因為其僅處於表層位置，因此更容易受到天敵和殺蟲劑的影響，例如蟲生真菌 (*Beauveria bassiana*) 對咖啡果小蠹的感染，於此時可能特別嚴重，尤其是在非常潮濕的氣候下，會看到漿果的頂端有白色粉末狀斑點，下面有一隻死去的雌蟲(Aristizábal et al., 2012)。胚乳變硬後，咖啡果小蠹進入並開始挖掘不規則的隧道和孔洞，並在隧道中產卵，而這30-50粒卵會依不同溫度而有不同的發育時間，在25天到長達60天以上的時間內發育為成蟲。產卵完的雌成蟲會留在漿果內不會離開 (Baker et al., 1992)，後代成熟後，雌成蟲 (雌雄比約10：1) 會與不具飛行能力之雄成蟲近親交配。另外其交配系統在功能上為單倍體與雙倍體，因此雄性只包含來自其雌蟲的功能基因，而不會將遺傳物質自雄蟲傳遞給後代的雌蟲 (Brun et al., 1995)，儘管繁殖極為排外，但當兩個雌性危害相同的漿果，並且其中一個雌性的雄性後代找到另一個雌性的雌性後代時，偶爾亦會發生非近親繁殖。

對於咖啡果小蠹的生長發育，我們非常不容易完全了解漿果內的繁殖率和死亡率，且雌蟲會進行育雛行為，可能會從漿果中逐出死亡或垂死的幼蟲和成蟲 (Waller et al., 2007)。在野外準確評估死亡率因素幾乎是不可能的，迄今為止對繁殖的最佳評估，其內在增殖率 (r) 為0.065 day^{-1}、淨繁殖率 (R_0) 為25.0粒卵/每隻雌蟲、而平均

世代時間 (T) 為45.2天 (Baker et al., 1992)。其族群的內在增殖率與取食咖啡果小蠹的漿果的成熟度有關。漿果內部最多可能有3個世代同時存在，在採收後剩下的漿果中，發現超過100隻個體並不少見。許多文獻指出，咖啡果小蠹每年具有8個世代或更多，但是由於開始危害的速度通常較慢，所以許多時候不太可能每年繁殖超過5個世代(Waller et al., 2007)。

下雨會導致在乾燥條件下掉落的漿果，重新建立大量的成蟲，這些成蟲會因雨後的高濕度（> 90 %RH）而出現。咖啡果小蠹羽化之前處於靜止狀態，需要更多的研究來確定這是否是真正的滯育，某研究指出，該蟲對於低濕度極度敏感，因此可能要等到下雨後才會羽化，這樣在發現新漿果之前，能夠更好的避免碰上乾燥環境的機會 (Baker et al., 1992)。

剛羽化的雌成蟲，通常於清晨到傍晚而不會在夜間飛行，其飛行速度較緩慢，但能夠持續飛行至少30分鐘，甚至可能更長 (Baker et al., 1992)。咖啡果小蠹會在樹附近飛行幾分鐘，最後找到要危害的漿果，然後降落在樹枝上爬行幾分鐘，最後才選擇漿果。當同一分支上存在不同成熟度的漿果時，對於乾物質含量超過25 %的成熟漿果具有較強的選擇性。

在咖啡園中，初期危害通常聚集在園區的一部分，通常是在陰涼或濕度較高或邊緣的地方(Damon, 2000)，如果危害沒有得到控制，則會散佈至整個園區。

咖啡果小蠹偏好溫暖潮濕，適合咖啡生長的熱帶環境，研究發現，在低於20℃和90 % RH的濕度下，其出現機率較低 (Baker et al., 1992)，而其存活限界溫度在15-32℃之間 (Jaramillo et al., 2009)。由於咖啡果小蠹的危害習性，鑽蛀於咖啡漿果內取食，在咖啡果實成熟採收，脫去果肉後，常可見在帶殼生豆上有與蟲體相同大小的蛀孔(圖六)。將帶殼生豆脫殼後，其蟲蛀之孔洞在生豆上明顯可見(圖七)，使咖啡豆之商品價值完全喪失。

圖六、受咖啡果小蠹危害的帶殼生豆蛀孔明顯可見

圖七、受害的生豆全無商品價值

物理防治

咖啡果小蠹可利用紅色的誘殺器進行誘殺(圖八)，內含有1：1的甲醇+乙醇可用於誘捕飛行中的雌成蟲，且捕獲的數量與附近的族群數量具有明顯的相關性 (Pereira et al., 2012)。因此可以用來監

測其密度，亦可誘殺園內的咖啡果小蠹的族群。但是，放置在受害園區外的誘殺器捕獲量很少，誘殺器的誘捕效能便不高，因此誘殺器現在主要是運用在害蟲綜合管理(IPM)策略的一部分(Damon, 2000; Fernandes et al., 2011)。

運用誘殺器可以在咖啡園內進行全年的誘殺，特別是在採收期結束後對殘存於園內的成蟲進行誘殺，且利用誘殺器在受害嚴重的園內每日可誘殺到超過10,000隻以上的成蟲 (Infante, 2018)。在國內亦曾進行全年的誘殺調查，誘殺器可以有效進行園內的咖啡果小蠹的誘殺(林等, 2010)。

圖八、咖啡果小蠹誘殺器

結語

咖啡果小蠹的體型小，在為害初期不易察覺，當發現園內漿果受害時，往往族群密度已高，已錯失最初的防治時機。利用物理防治的誘殺器可以在初期有效進行咖啡果小蠹的誘殺，避免高密度後無法將族群密度控制。然而透過單一的防治措施是無法全面進行園內咖啡果小蠹的管理的，實有賴更多元防治技術的運用，落實整合管理的思維，方能將咖啡果小蠹對國內咖啡產業的影響降至最低。

參考文獻

1. 朱宜芬、楊滿霞、張淑芬、陳柏宏、王泰權。2017。咖啡果小蠹於咖啡果實內之齡期組成與防治藥劑之室內藥效評估。台灣農業研究 66 (4): 318-325。
2. 林明瑩、吳雅芳、陳昇寬。2010。咖啡果小蠹之監測及田間誘殺試驗。臺南區農業改良場研究彙報 56: 35-44。
3. 林明瑩、陳昇寬。2015。咖啡果小蠹之防治藥劑研究。臺南區農業改良場研究彙報 65: 38-44。
4. 林明瑩、林志鴻、宋一鑫。2015。南勢社區咖啡病蟲害圖鑑。國立嘉義大學植物醫學系出版。21頁。
5. Aristizábal, L. F., O. Lara, and S. P. Arthurs. 2012. Implementing an integrated pest management program for coffee berry borer in a specialty coffee plantation in Colombia. J. Integr. Pest Manag. 3: 1-5.
6. Baker, P. S., Barrera, J. F., Rivas, A. 1992. Life-history studies of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*, Scolytidae) on coffee trees in southern Mexico. Journal of Applied Ecology, 29(3): 656-662.
7. Baker, P. S., Ley, C., Balbuena, R., Barrera, J. F. 1992. Factors affecting the emergence of *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) from coffee berries. Bulletin of Entomological Research, 82(2):145-150.
8. Brun LO, Borsa P, Gaudichon V, Stuart JJ, Aronstein K, Cousteau C, ffrench-Constant R, 1995. Functional haplodiploidy. Nature, 374: 506.
9. CABI. 2019. Crop Protection Compendium Global Module. Wallingford, UK：CAB INTERNATIONAL.
10. Damon A. 2000. A review of the biology and control of the coffee berry borer, Hypothenemus hampei (Coleoptera: Scolytidae). Bulletin of Entomological Research, 90: 453-465.
11. Fernandes, F. L., M. C. Picanço, S. O. Campos, C. S. Bastos, M.

Chediak, R.N.C. Guedes, and R. S. Da Silva. 2011. Economic injury level for the coffee berry borer (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) using attractive traps in Brazilian coffee fields. Journal of Economic Entomology, 104: 1909-1917.

12. Infante, F. (2018). Pest management strategies against the coffee berry borer (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). Journal of agricultural and food chemistry, 66(21): 5275-5280.

13. Jaramillo, J., C. Borgemeister, and P. Baker. 2006. Coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae): searching for sustainable control strategies. Bulletin of Entomological Research, 96: 223-233.

14. Morales-Ramos, J.A., Rojas, M.G., Sittertz-Bhaktar, H. and Saldana, G. 2000. Symbiotic relationship between *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) and *Fusarium solani* (Moniliales: Tuberculariaceae). Annals of the Entomological Society of America 93: 541-547.

15. Pereira, A. E., E. F. Vilela, R. S. Tinoco, J. O. G. de Lima, A. K. Fantine, E. G. F. Morais, and C. F. M. França. 2012. Correlation between numbers captured and infestation levels of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*: A preliminary basis for an action threshold using baited traps. International Journal of Pest Management, 58: 183-190.

16. Vijayalakshmi, C. K., Rahiman, P. A., Vijayan, V. A., Prakasan, C. B. and Sreedharan, K. 2002. Biology of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) under varying thermal conditions. Journal of Entomological Research, 26: 67-70.

17. Waller, J. M., Bigger, M., and Hillocks, R. J. 2007. Coffee pests, diseases and their management. CABI. 427pp.

咖啡果小蠹噴藥防治時機及化學藥劑篩選

嘉義農業試驗分所 植物保護系
王泰權 助理研究員
電子郵件: tcw@dns.case.gov.tw

摘要

咖啡果小蠹是台灣入侵的新興害蟲，目前台灣仍無任何的化學藥劑推薦用於防治本害蟲，本文針對咖啡上現有防治害蟲的推薦藥劑進行室內藥劑篩選，結果顯示40.8% 陶斯松水基乳劑 (稀釋1500倍) 對咖啡果小蠹具有毒殺效果，2.4%第滅寧水懸劑 (稀釋1500倍) 次之。惟使用化學藥劑會有農藥殘留及使害蟲產生抗藥性的風險，建議如要使用已推薦於咖啡上的化學藥劑進行共同防治，需要遵守安全採收期及藥劑輪用，並且搭配多種的防治方式來防治田間的咖啡果小蠹，才能達到農藥減量的生產模式。

關鍵字：咖啡果小蠹 (*Hypothenemushampei*)；殺蟲劑 (insecticides)；噴藥時機 (timingof pest control)

一、簡介

咖啡果小蠹首度發現於非洲，是咖啡種植所面臨的重要害蟲，主要的危害咖啡的種子，因此本害蟲的危害對於咖啡生產品質造成嚴重的影響。由於咖啡果小蠹可於水分極低的咖啡生豆中存活，隨著咖啡豆的全球貿易，咖啡果小蠹目前已經擴散至全世界的咖啡重要生產地。咖啡果小蠹是非常難以防治的害蟲，由於完成整個生活史於咖啡豆內完成 (Damon, 2000; Jaramillo *et al*. 2006; Vega *et al.*

2015)，即使使用化學農藥也難以毒殺於咖啡豆內正在繁衍的咖啡果小蠹族群，但化學防治有操作方便及殺蟲迅速的優點，可快速的控制田間爆發的害蟲族群，但是由於咖啡果小蠹有其特殊的入侵行為且躲藏於果實內，因此監控本害蟲田間族群對於咖啡果實的危害程度來掌控噴藥時機為重要的課題，本文回顧國外如何決定本害蟲防治的田間噴藥時機，並以推薦於咖啡上的藥劑實地進行殺蟲效果評估，使農民得知何種藥劑具有防治效果。

二、田間的噴藥時機

於田間欲使用化學藥劑來防治咖啡果小蠹，必須要了解於田間的咖啡果小蠹正在入侵果實的位置的比率，因為田間直接噴灑農藥並不易直接噴灑到咖啡果小蠹，且咖啡果小蠹生活於咖啡果實內，受到咖啡果實的保護，因此只要危害的階段已經進入果實種子內，即使使用化學藥劑也不容易使咖啡果小蠹死亡，有鑑於咖啡果小蠹的特殊危害特性，國外將咖啡果小蠹於田間咖啡果實的入侵部位分為 A、B、C、D 共 4 個階段 (圖一)。A 階段為咖啡果小蠹尚未入侵果實，可於果實上發現咖啡果小蠹(圖一、A)；B 階段則是咖啡果小蠹仍於果皮上取食尚未到達胚乳 (endosperm) (圖一、B)、C 階段則為咖啡果小蠹已經到達胚乳取食 (圖一、C)、D 階段則為已於胚乳內進行繁殖後代 (圖一、D)。然後於田間進行咖啡果小蠹的監測，於田間以Z字形的方式於 5000 顆咖啡樹選擇30顆，每顆樹調查 100 顆咖啡豆來計算入侵比率，如果入侵咖啡豆的危害率超過 2%，且有 50% 咖啡果小蠹的入侵位置位於 A 和 B 位置，於 5 天內可進行化學藥劑的防治 (Aristizábal *et al*. 2016 ; Aristizábal *et al*. 2017)。

三、化學藥劑防治效果

化學防治有其效果快速及操作方便的優點，目前咖啡果小蠹於台灣仍沒有官方的推薦藥劑，綜合國內試驗改良場所針對咖啡果

小蠹所進行的室內藥劑試驗研究顯示，以陶斯松、第滅寧及培丹具有防治效果 (Lin and Chen, 2015; Chu *et al*. 2017)，但國內於咖啡上核准用藥僅有陶斯松用於防治粉介殼蟲及第滅寧用於防治東方果實蠅。本次為了確認藥劑實際效果，針對國內的咖啡推薦藥劑再次進行咖啡果小蠹接觸浸藥果實的毒殺試驗 (表一)，並且偵測浸藥果實中咖啡果小蠹於24小時內在果實中的危害位置，顯示以 40.8% 陶斯松水基乳劑 (稀釋1500倍) 的毒殺效果最佳，造成了87.5%的咖啡果小蠹死亡，其次為 2.4% 第滅寧水懸劑 (稀釋1500倍)，死亡率為 50.0%；而 40% 布芬淨水懸劑 (稀釋1500倍) 並無任何的毒殺咖啡果小蠹的效果，死亡率僅2.5%。偵測接觸藥劑處理後的果小蠹入侵果實的位置分析，以第滅寧抑制咖啡果小蠹入侵的效果最好，有 55.0% 及 27.5% 咖啡果小蠹分別停留於 A 與B 的入侵階段，顯示第滅寧可能具擊昏效果或忌避效果。其次為陶斯松處理，有32.5% 及 60.0% 的咖啡果小蠹分別位於 A 與B 的入侵階段，陶斯松處理明顯的發現位於 B 的入侵階段較多，顯示陶斯松可能對咖啡果小蠹具有胃毒性。由於布芬淨無殺蟲效果，抑制咖啡果小蠹入侵果實能力最差，高達 62.5% 的咖啡果小蠹到達了 C 的入侵階段 (表二)。

四、化學藥劑的缺點

化學藥劑雖然有其殺蟲效果快速及使用方便等優點，但是長期使用卻容易導致害蟲產生抗藥性，已經研究指出有於新喀里多尼亞的咖啡果小蠹對於安殺番具有抗藥性 (Brun *et al*. 1989; Brun *et al*. 1990 ; Brun and Suckling, 1992)，因此儘管本試驗中陶斯松對於咖啡果小蠹具有極佳的致死效果，但仍有少數的咖啡果小蠹接觸浸藥果實後仍可已深入果實內造成危害，顯示如果長期使用同一種殺蟲劑來防治咖啡果小蠹，仍有可能於田間造成抗藥性的發生。另一方面，使用化學藥劑有其農藥殘留的風險，如陶斯松與第滅寧於咖啡上的安全採收期分別長達35 及 15 天，顯示施用藥劑進行防治極需注意安全採收期來避免農藥殘留超過安全標準。

五、結語

咖啡果小蠹的化學防治雖然方便與迅速，儘管可用於防治其他害蟲的藥劑對於咖啡果小蠹具有防治效果，但是目前仍並非官方的推薦藥劑，為了避免長期施用藥劑造成抗藥性發生，於田間防治咖啡果小蠹仍需要搭配多樣的防治方式來進行整合性害蟲管理，儘管目前仍無發現咖啡果小蠹天敵可供農民使用，但如能夠掌握好田間咖啡果小蠹的發生情況，適時進行本害蟲的防治，進行採收後清除咖啡樹枝條上乾果的耕作防治，定能降低翌年來咖啡果小蠹入侵咖啡果實內的族群，進而獲得良好的防治效果。

六、參考文獻

Aristizábal, L. F., A. E. Bustillo, and S. P. Arthurs. 2016. Integrated pest management of coffee berry borer: strategies from Latin America that could be useful for coffee farmers in Hawaii. Insects. 7: 6. doi: 10.3390/insects7010006.

Aristizábal, L., M. Johnson, S. Shriner, R. Hollingsworth, N. Manoukis, R. Myers, P. Bayman and S. P. Arthurs. 2017. Integrated pest management of coffee berry borer in Hawaii and Puerto Rico: current status and prospects. Insects. 8: 123. doi: 10.3390/insects8040123.

Brun, L. O., C. Marcillaud, V. Gaudichon, and D. M. Suckling. 1989. Endosulfan resistance in Hypothenemus hampei (Coleoptera: Scolytidae) in New Caledonia. J. Econ. Entomol. 82: 1311-1316.

Brun, L. O., C. Marcillaud, V. Gaudichon, and D. M. Suckling. 1990. Monitoring of endosulfan and lindane resistance in the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) in New Caledonia. Bull. Entomol. Res. 80: 129-135.

Brun, L. O. and D. M. Suckling. 1992. Field selection for endosulfan resistance in coffee berry borer (Coleoptera: Scolytidae) in New

Caledonia. J. Econ. Entomol. 85: 325-334.

Chu, Y. F. M. H. Yang, S. F. Chang, P. H. Chen, and T. C. Wang. 2017. The composition of life stages of coffee berry borer(Scolytidae: *Hypothenemus hampei*) in the coffee berry and the control efficacy of different insecticides for the pest. J. Taiwan Agric. Res. 66:318-325.

Damon, A. 2000. A review of the biology and control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). Bull. Entomol. Res. 90: 453-465.

Jaramillo, J., C. Borgemeister, and P. Baker. 2006. Coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae): searching for sustainable control strategies. Bull. Entomol. Res. 96: 223-233.

Lin, M. Y. and S. K. Chen. 2015. Study on the control efficiency of insecticides against coffee berry borer, *Hypothenemushampei*. Res. Bull. Tainan Dis. Agric. Improve. Stn. 65:38-44(in Chinesis with English abstract).

Vega, F. E., F. Infante, and A. J. Johnson. 2015. The genus *Hypothenemus*, with emphasis on *H. hampei*, the coffee berry borer. p.427-494. in Bark Beetles: Biology and Ecology of Native and Invasive Species.[Vega, F. E. and R. W. Hofstetter, eds] Academic Press. London, UK. 620 pp.

圖一、決定化學防治噴藥時機之咖啡果小蠹入侵果實之時期分類，圖A至圖D分別代表咖啡果小蠹入侵果實之A、B、C、D之4種入侵時期。

表一、目前的推薦於咖啡上防治害蟲的化學藥劑種類

藥劑種類	防治害物	稀釋倍數	兼防咖啡果小蠹	安全採收期
2.4%第滅寧水懸劑	夜蛾類、毒蛾類、東方果實蠅	1500	可	15天
40%布芬淨水懸劑	軟介殼蟲	1500	無	7天
40.8%陶斯松水基乳劑	粉介殼蟲	1500	可	35天

資料來源：植物保護資訊系統 (https://otserv2.tactri.gov.tw/PPM/)

表二、咖啡推薦藥劑於果實浸藥法對於咖啡果小蠹之毒殺效果及入侵位置比率

試驗藥劑**	稀釋倍數	死亡率(%)	於果實之危害位置比率(%)		
			A	B	C
2.4%第滅寧水懸劑	1500	50.0±5.8 b*	55.0±17.3 b	27.5±7.5 b	20.0±7.1 b
40.8%陶斯松水基乳劑	1500	87.5±2.5 c	32.5±9.6 c	60.0±7.1 c	7.5±2.5 b
40%布芬淨水懸劑	1500	2.5±2.5 a	12.5±9.6 a	25.0±2.9 a	62.5±6.3 a
RO水	-	0.0±0.0 a	10.0±8.2 a	42.5±9.5 a	47.5±7.5 a

* 本數據分析將數據經過角度轉換(arcsinetransformation)後，以SAS EG7.1軟體進行單因子變異數分析(one-way ANOVA)，以最小差異顯著法(Least Significant Difference，α=0.05)分析各藥劑處理間之差異。

** 本試驗以人工飼養的咖啡果小蠹進行藥劑試驗，每處理共10隻咖啡果小蠹雌成蟲，4重覆試驗。

咖啡果小蠹防治之綜合管理策略

張淑芬[1*]、倪蕙芳[2]、林建志[3]、張哲瑋[4]

[1]農業試驗所嘉義農業試驗分所園藝系 副研究員
[2]農業試驗所嘉義農業試驗分所植物保護系 副研究員兼系主任
[3]農業試驗所農業工程組 助理研究員
[4]農業試驗所嘉義農業試驗分所園藝系 研究員兼系主任
[*]通訊作者：sophie@dns.caes.gov.tw

摘要

咖啡是世界上具有高經濟價值之作物之一，近年因為發生咖啡果小蠹危害，造成產業界嚴重的經濟損失，巴拿馬、美國等咖啡產區國家，因此開始實施有害生物綜合管理措施，藉由田間咖啡果小蠹的監測，了解咖啡園區受到危害的果實數量與作物受到侵害感染的情況，配合物理防治、化學防治、生物防治及栽培防治等作物有害生物綜合管理策略，以確保在咖啡採收季節的關鍵時刻，維持產區內咖啡果小蠹較低的侵害比率，而其中要達到田間咖啡果小蠹的低密度控制之栽培管理策略則包括咖啡樹採收前後處理，收穫成熟果實運送處理過程避免咖啡果小蠹的移動危害，採收後徹底清園與整枝修剪等，此些措施均有助於降低咖啡果小蠹的數量至不會造成經濟損失的程度。

關鍵詞：作物有害生物綜合管理Integrated Pest Management (IPM)、栽培防治Cultural Control、田間衛生Field Sanitation

前言

咖啡在植物分類為茜草科 (Rubiaceae)，咖啡屬(*Coffea*)，學名 *Coffea* spp.。全世界在非洲、亞洲、美洲有超過50個國家，大約2000萬個農民栽種咖啡，咖啡產業年產值達700億美金 (Benavides, 2012)。根據農糧署 (2018)的統計資料，咖啡目前在台灣的收穫量已達1,018,520公斤，種植面積達1,167公頃，收穫面積1,151公頃，南投縣、嘉義縣、高雄市、屏東縣、台東縣都有超過100公頃的種植面積 (圖1)。2017年台灣咖啡種植面積，較2008年增加了將近一倍，隨著栽培面積的逐年增加，咖啡收穫量也漸漸提高。然而病蟲害的發生常影響咖啡生產收穫量，近年咖啡果小蠹[*Hypothenemus hampei* (Ferrari)]的危害造成咖啡樹的果實因危害嚴重而失去商品價值，讓咖啡農蒙受重大損失。現今咖啡果小蠹的防治，尚無推薦藥劑，而且半數以上的咖啡栽培田區採用有機栽培方式種植咖啡樹，如果沒有適當防治對策，則咖啡果小蠹危害便無法降低，因此如何利用現行栽培管理技術配合果小蠹監測及化學防治以降低咖啡果小蠹危害，則成為當前急於探討之課題，以使台灣咖啡產業能持續發展。

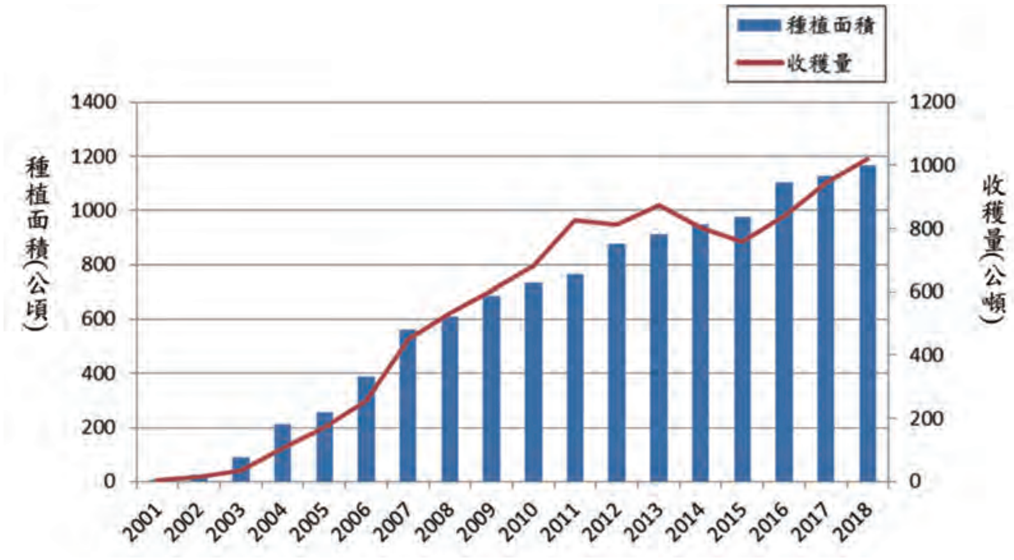


圖1. 2001-2018年台灣咖啡種植面積與收穫產量。
(行政院農業委員會農糧署農情報告)

咖啡果小蠹造成的經濟損失

咖啡果小蠹是全世界咖啡生產中危害最為嚴重的重要害蟲(Infante *et al*., 2012)，其造成咖啡果實外觀蛀孔及內部腐壞 (圖2)。巴西咖啡生產因果小蠹危害曾造成超過3億美元的經濟損失(Oliveira *et al*., 2013)。而各國家受到咖啡果小蠹危害的栽培面積比率，分別為非洲的坦尚尼亞90%、烏干達80%，北美洲的墨西哥60%、牙買加75%、南美洲的哥倫比亞60%、東南亞的馬來西亞50%，共影響全世界超過2000萬個家庭的生計，每年使用在控制咖啡果小蠹危害咖啡果實的費用，大約佔生產成本的10%，然而儘管各國為控制此蟲害蔓延付出了巨大努力，但疫情面積仍然繼續增長(Rodríguez *et al*., 2013)。

圖2. 咖啡果小蠹造成的咖啡成熟果實危害情形

SCA美國精品咖啡協會之生豆瑕疵分類規範標準(表1)，第一級瑕疵(重大瑕疵)為生豆有三個以上被蟲蛀、穿孔的痕跡的嚴重蟲蛀豆，第二級瑕疵(次要瑕疵)為生豆有被蟲蛀、穿孔的痕跡，但少於

三孔的輕微蟲蛀豆，2019臺灣國產精品咖啡豆評鑑制度臺灣國產精品咖啡豆評鑑規則咖啡生豆物理篩選規範依照此標準，執行單位就送評樣品隨機抽350 公克生豆進行瑕疵篩選，瑕疵生豆扣分方式為不應有第一級瑕疵(重大瑕疵)，二級瑕疵(次要瑕疵)之扣點不得超過五個瑕疵點，未達標準將予以淘汰。關於咖啡果小蠹造成的輕微穿孔與嚴重蟲蛀穿孔的情況都對咖啡生豆造成瑕疵，影響精品咖啡的認定，降低咖啡產物的品質，Luis等人(2018)指出咖啡果小蠹的危害造成咖啡種植者的收穫產量與品質降低，並增加生產成本。

表1. SCA美國精品咖啡協會之生豆瑕疵分類規範標準

第一級瑕疵		第二級瑕疵	
瑕疵名稱	達瑕疵扣點單位之瑕疵豆數量	瑕疵名稱	達瑕疵扣點單位之瑕疵豆數量
嚴重蟲蛀豆	5	輕微蟲蛀豆	10

圖3. 不同程度的咖啡果小蠹瑕疵生豆

Damon (2000)指出咖啡果小蠹並不會危害咖啡植株的葉片與枝條，只危害咖啡的未成熟與成熟果實，其危害可能造成以下三類經濟上的損失。第一類損失是因為咖啡成熟果實受到咖啡果小蠹鑽孔破壞，造成咖啡果實的影響，使得收穫後的咖啡生豆產量減少，也降低咖啡生豆的品質 (圖3)。第二類損失是咖啡果小蠹危害咖啡果實後所造成的物理破壞，進而使其他病原菌如細菌與真菌入侵感染

咖啡果實組織使咖啡果實更不具商品價值，影響收穫產量更鉅 (圖4)。第三類損失因為咖啡果小蠹危害咖啡的未成熟果實，當較小未成熟的咖啡果實受到攻擊，咖啡果小蠹鑽入較堅硬的綠色漿果，導致這些漿果在未成熟之前，就發生提早落果、果實發育停滯或是腐爛的情形，造成收穫物的損失 (圖5)。

圖4. 咖啡果實受到物理性的破壞後容易受到感染

圖5. 咖啡果實的早衰、停止發育或腐爛

田間咖啡樹綜合管理

2016年的夏威夷馬諾亞大學熱帶農業與人力資源學院(College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawai'i at Mānoa)出版「夏威夷咖啡果小蠹綜合害蟲管理建議」(Kawabata *et al.*, 2017)，綜合夏威夷農業部，美國農業部ARS DKI PBARC，協同夏威夷農業委員會和咖啡種植者團體之間的共同努力所完成，文

中指出目前國外咖啡產區尚未有任何一種方法可以完全控制咖啡果小蠹，建議以害物綜合管理方法進行防治工作，且並非所有的建議都適用在所有的農民，咖啡農應該考慮自身的栽種方式(傳統或有機)與田間咖啡樹栽培情況，判斷咖啡園區最經濟有效的防治方法，最終目的在於控制田間咖啡果小蠹在較低蟲數狀態以減少危害。夏威夷的防治方式與台灣咖啡果小蠹的防治方式不全然相同，文末參考建議修改附錄表格，提供咖啡農民評估參考。

田間咖啡果小蠹監測

進行防治方法評估之前，先要了解田間咖啡果小蠹侵害咖啡果實的情況，以利判斷進行防治的時間點，以及選擇使用較有效的防治方法。利用咖啡樹採樣方法簡單監測咖啡果小蠹的侵害監控，也可以配合誘捕器的使用，讓監控情況更具體，在開花後約30天開始監控調查，如果開花初期已發現田區咖啡果小蠹，監控調查可以更早開始進行，夏威夷監控方式以每公頃採樣30株的咖啡樹，但是個別的咖啡園田區的地形、氣候條件、日照長度與強度 (圖6)、種植咖啡樹品種與樹齡 (圖7)、咖啡樹修剪狀況 (圖8)、慣行或有機栽培的情況各不相同，可能要將田間條件類似的田區進行劃分監測調查，監測咖啡園區中受到咖啡果小蠹危害的咖啡果實數量，以及調查咖啡果小蠹危害破壞咖啡果實的程度比率。

圖6. 不同地形與日照強度差異的咖啡園田區

圖7. 不同咖啡樹品種與樹齡的咖啡園田區

圖8.氣候條件不同與咖啡樹修剪狀況差異的咖啡園田區

藥劑防治

現今的防治方法在藥劑防治上，以夏威夷為例，農藥需要是當地批准的產品才能使用，應按照製造商標籤上的指示使用所有化學品和產品，並在安全範圍內使用農藥，目前台灣咖啡果小蠹雖尚未有正式推薦藥劑，但在咖啡毒蛾、夜蛾、粉介殼蟲及果實蠅等蟲害防治上推薦使用之藥劑有布芬淨、陶斯松、第滅寧，其中第滅寧及陶斯松於嘉義農業試驗分所室內藥劑篩選中顯示可兼防咖啡果小蠹(朱等, 2017)，然使用藥劑仍需要注意安全採收期。藥劑防治配合咖啡果小蠹監測，在咖啡果小蠹尚未破壞咖啡果實內的種子時，進行噴藥效果較好，當咖啡果小蠹已侵入咖啡果實內破壞種子，藥劑防治無法發揮效果，需要移除受害咖啡果實。

生物防治

生物防治為作物有害生物管理重要的一環，由於其對環境的友善度高於化學防治，因此當採行防治策略時，應作為優先考量使用的防治資材。咖啡果小蠹天敵及蟲生真菌的應用為目前國外使用的兩種主要生物防治方式。在天敵方面，例如寄生蜂*Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethylidae)會寄生在果小蠹的幼蟲及成蟲。另外，在夏威夷以扁甲科昆蟲Flat bark beetle捕食咖啡果小蠹，也利用真菌如白殭菌(*Beauveria bassiana*)，應用經由批准的白殭菌商品噴灑以殺死咖啡園中的咖啡果小蠹，另外Castro等人 (2017)利用嗅覺測定法，評估咖啡果小蠹對揮發性化合物的偏好，在實驗室條件下，紅花菸草(*Nicotiana tabacum* L.)、馬纓丹(*Lantana camara* L.)對咖啡果小蠹有忌避作用，兩者均釋放揮發性倍半萜(volatile sesquiterpenes.)。目前台灣尚未發現咖啡果小蠹的天敵，也尚未有相關忌避植物的資料，在天敵、忌避植物及蟲生真菌的研究上仍有相當大需要努力的空間。

誘捕器應用防治

應用陷阱誘捕器防治咖啡果小蠹 (圖9)，台灣已有新型專利型號的咖啡果小蠹誘捕器，利用工業級甲醇和乙醇體積1:1調製，雌蟲可有效誘引，被應在大量誘殺及監測咖啡園的咖啡果小蠹發生密度(林, 2010)。在墨西哥的納亞里特州(Nayarit)利用誘捕器的設置進行咖啡果小蠹的監控與誘殺，依區域感染率配置誘捕器數量，配合田間咖啡果小蠹的果實危害取樣調查、栽培管理的清園控制、培訓技術人員、配合廣播與摺頁宣導，再由植物檢疫專業相關人員進行監督，納亞里特州的咖啡果小蠹侵害率已經由2003年的45%到2013年已降低於2%以下，危害面積越來越小(CESAVENAY, 2019)。

圖9. 咖啡園設置咖啡果小蠹誘捕器

栽培管理防治

Benavides等人(2012)建議咖啡果小蠹的的綜合管理，除了化學與生物防治之外，也應包含栽培計畫與農業管理的綜合作物管理(Integrated Crop Management, ICM)，目的是將咖啡果小蠹的蟲數減少到不會造成經濟損失的情況，讓咖啡農可以在哥倫比亞生產具競爭性的出口咖啡產品，進行農業管理雖然沒有直接影響咖啡果小蠹的蟲蛀危害控制，但是可以間接減少咖啡果小蠹的數量。

咖啡園田間栽培管理上應用的策略(圖10~13)：1.田間植株種植較大間距，咖啡樹的主幹不宜過多造成樹體太茂密，人力才能更有效率地在田間移動進行果實收穫、蟲害監測評估、藥劑防治噴霧等；2.種植適當咖啡樹品種，咖啡果實不易落果，地面的落果就會減少；3.咖啡老樹適當的整枝修剪更新，維持適宜的樹勢，方便進行果實採收及栽培管理措施的施行；4.田間雜草防治管理，移除與咖啡樹競爭的雜草，在採收季節雜草防治能讓落果容易發現撿除。

圖10. 較大的咖啡樹種植間距方便人力在田間的防治操作

圖11. 各種咖啡樹品種的植株樹型不同，影響果實採收效率

圖12. 咖啡樹進行整枝修剪更新，維持適當主幹數目與樹勢

圖13. 咖啡園雜草管理有助於清園工作的執行

防治果小蠹的咖啡樹採收前後處理

咖啡果小蠹的雌蟲為了產卵飼養目的鑽入咖啡果實，造成咖啡果臍的圓孔，構成的排卵隧道，進行它們的繁殖過程，對田間的咖啡樹果實造成危害損失，咖啡果實一旦受到咖啡果小蠹危害，若未移除危害果實，咖啡果小蠹就能藉此繼續繁殖，初期危害咖啡果實，在整個採收季節會世代重疊提高族群感染率，殘留在樹上和地上的咖啡果實能讓蟲體繼續存活，甚至繼續危害下一個咖啡果實產季。為了降低咖啡果小蠹的族群數量，田間衛生管理至為重要，清園工作也須徹底執行。

收穫處理

1. 初期果實採收：初期的咖啡果實因為數量較少且品質不一，常常未被栽培者進行收穫，這樣的情況發生在有果小蠹為害的區域，這些留在樹上的咖啡果實往往成為咖啡果小蠹的食物，繁殖危害整個採收季節的咖啡果實，因此應該儘早摘除。
2. 主要產季果實採收：在主要的收穫季節，阿拉比卡咖啡的採收需要耗費人力，咖啡園採收人力成為影響咖啡果實收穫的關鍵，農業試驗所利用背負式咖啡振動收穫機 (圖14)，應用在協助咖啡園

果實採收工作(張等, 2016)。控制果小蠹的咖啡果實採收間隔以2至3週較為理想，超過1個月的採收間隔會讓咖啡果實中的咖啡果小蠹成熟逃脫，而且過長的採收間隔也會讓咖啡樹上的過熟果與乾果增加甚至落果。咖啡農採摘咖啡樹上紅熟的果實以獲得最好的咖啡收穫物品質，但是為了咖啡果小蠹的防治控制，對於咖啡樹上的過熟豆、乾果、地面落果也都應該儘量去除，及時採摘與收集採摘成熟果實，可以降低咖啡生產週期受到咖啡果小蠹侵害的比率。

3.後期果實採收：咖啡產季後期樹上果實數較少，過熟果與乾果比率多，以及未採收落到土壤中的咖啡果實如果有咖啡果小蠹入侵，將會繼續繁殖危害下一個產季的咖啡果實，為防止隔年果小蠹的為害需要在採收季節之後進行清園工作。

圖14. 背負式咖啡振動收穫機利用在咖啡園協助採收工作

收穫後處理與運送

1.採收果實處理：在咖啡產季所收穫的果實如可能有果小蠹的侵害

情形，需要注意田間採收果實的收穫袋或容器內部要有的塑膠袋(需材質較厚以免被咖啡果小蠹咬破)，並將袋口束緊避免咖啡果小蠹的逃脫，而且收穫後的咖啡果實應儘快送至處理場，避免在陽光下曝曬造成採收袋內的咖啡果實開始變質腐爛。

2.處理場果實處理：採收後的咖啡果實送至處理場，咖啡農會將果實進行不同的後製處理，處理過程中應儘量挑除遭到咖啡果小蠹侵害的果實，在水洗、發酵處理過程中的浮豆與果肉果皮要放於塑膠袋內，袋口束緊後清除，並避免將有咖啡果小蠹為害的處理果實殘餘物倒回咖啡園造成果小蠹在田間再次危害健康果實 (圖15)。另外，如果要將殘餘物當成田間堆肥，則需先殺死咖啡果小蠹才能使用，如深埋於土面15公分以下，或將殘餘物冷凍於-15℃的零下溫度48小時，或者以塑膠袋或容器密封放置在強烈陽光直曬環境下至少2週，才可能將咖啡果小蠹殺死。咖啡果小蠹侵害的高風險區域常發生在加工收穫咖啡的設施附近以及靠近建築物和鄰近咖啡種植園的道路附近，尤其是在漿果採摘過程中應加強對這些地點的監測工作(Aristizábal, 2016)，應用誘捕器設置在咖啡處理場與日曬場，誘殺逃離的咖啡果小蠹，有效隔離的處理場避免咖啡果小蠹逃離返回田間為害咖啡樹上的果實。

3.運送果實處理：採收運送果實的麻布袋或容器消毒，可以利用50℃的溫度消毒25分鐘、以熱水煮沸5分鐘、或以肥皂水浸泡過夜再清洗，載運咖啡果實的車輛與設備也可以利用肥皂水進行清洗，避免咖啡果小蠹蟲體殘留。產區咖啡果實採收後運至其他場區處理，應做好採收袋與容器的密閉隔離，處理場也應做好咖啡果小蠹侵害咖啡豆的處理，避免不同場區間咖啡果小蠹的移動交叉侵害感染。

4.儲藏果實處理：咖啡收穫物存放的環境維持在50～60%低濕度條件，乾燥完成的咖啡帶殼豆、生豆、日曬果實儘量處理控制在10.7%含水率以下，殘存其中的咖啡果小蠹雖然還可能存活，但已無法繁殖或無法侵害相鄰的生豆。

圖15. 咖啡果實處理後的果肉果皮殘餘物中殘留咖啡果小蠹侵害果實，
不能直接放置回田間，避免造成二次侵害感染。

清園工作

1.樹上咖啡果實清除：收穫季節期間以及採收期之後清除咖啡樹上成熟的果實，可以減少咖啡果小蠹的來源，採收後立即徹底的清除栽培田區咖啡樹上剩餘的果實，包含綠色果實、紅熟果實、過熟果實、乾掉果實都要摘除 (圖16)，將可能帶有咖啡果小蠹蟲源的咖啡果實由田間移除，可以有效的減少咖啡果小蠹的來源數量(Jaramillo et al., 2006)。低海拔地區的阿拉比卡咖啡樹對咖啡果小蠹的吸引力高，在清園工作上需要特別注意，另外在鄰近種植的咖啡園也需要同時控制，才能收事半功倍的效果(Damon, 2000)。

2.地上咖啡果實清除：收穫後的咖啡園中，地面會留有採收季節的落果，其中可能有咖啡果小蠹侵害的果實，此些果實內之蟲體如在乾旱季節可在果實中存活130天，如果土壤水分含量較高，殘留果實快速腐爛分解，蟲體才會因為缺乏食物造成死亡。環境氣候影響咖啡果小蠹的侵入果實數量，通常與溫度呈正相關，而與海拔高度呈負相關，溫度越高侵入為害數量越多，海拔高度越高，侵入為害數量越少(Constantino, 2010)。咖啡果實採收人力成

本高，可利用吸取機器具協助清園工作進行 (圖17)，但咖啡園區地形與栽種方式不同，需考慮較符合經濟效益的方式實施清園工作。

圖16. 清園時將咖啡樹上的鮮果(左)、乾果(中)及地面的落果(右)都要移除

圖17.利用吸取機器具協助清園工作

整枝修剪

1. 整枝：咖啡果實採收後，更新樹形調整主幹，咖啡老樹或樹勢衰弱的咖啡樹藉由整枝更新樹勢，種植行株距過密的咖啡園，整理過多的主幹讓樹體範圍變小，以使行株距變寬後容易進行栽培管理與果實採收工作，亦有農民將全株接近地面枝主幹鋸斷更新 (圖18)，此法雖較為省工，但影響未來1～2年的果實收穫，整枝時同時要注意鋸除的樹幹與枝條可能殘留咖啡果實，為避免咖啡

果小蠹的侵害，應將其殘枝移出園區或集中銷毀處理。

2. 修剪：在收穫季節之後進行咖啡樹的修剪 (圖19)，可以更新結果枝條，適當的修剪掉生產效率差的枝條，使隔年的果實生長較好，將過度茂密的咖啡樹進行修剪，方便咖啡果實採收，有利於果實的採收效率，避免枝條殘留過多未採收的過熟果與乾果，以及減少落果量，剪除的咖啡樹殘枝應該集中處理，或移出咖啡園，避免枝條上殘留咖啡果小蠹侵害的果實留在咖啡園中。在整枝或修剪時要注意土壤的水分調控，乾旱會影響新芽的生長，需有降雨或灌溉以及適當的養分供應讓咖啡樹勢恢復。

圖18. 咖啡老樹的全株更新修剪(左圖更新前，右圖更新後恢復樹勢)

圖19. 咖啡樹採收後進行修剪

結語

台灣種植咖啡迄今已有百年歷史，早期日據時代咖啡樹因銹病問題而影響咖啡產業，經由農復會與嘉義農業試驗分所進行咖啡種原引種選育，在全台灣更替耐銹病等特性的優良咖啡品種後，台灣咖啡產業度過第一波難關得以持續發展，現今台灣咖啡栽培面積逐年增加，投入種植咖啡的農民漸增，加上近年引進藝妓(Geisha)等咖啡優秀風味品種，以及咖啡採收後製加工技術的進展，台灣咖啡已朝精品咖啡的方向發展，且獲得國內外優異的成績，但是近10年來因為咖啡果小蠹的蟲害發生，危害範圍幾乎遍及全台灣的咖啡產區，造成咖啡產業的損失，影響咖啡收獲物的品質，幸而有台南區農業改良場的咖啡果小蠹誘捕器，協助果小蠹危害的誘殺監控，雖然目前咖啡果小蠹的化學防治在台灣還沒有推薦使用藥劑，但是其他害蟲的推薦延伸使用藥劑，也被農民用來進行咖啡園區的蟲害防治，防治藥劑的室內藥效評估已由台南區農業改良場與嘉義農業試驗分所先後完成，農友使用時仍務必注意安全採收期之規範，以確保咖啡農藥的殘留量合於規定，保障農友及消費者權益。

關於咖啡樹的田間綜合蟲害管理，在咖啡果小蠹的防治尚未有生物防治的寄生蜂或專一性的白殭菌可以利用，仍待後續研究人員的努力，目前栽培管理防治方法利用田間咖啡樹的果小蠹監控，配合誘捕器在田間與處理場的配置，希望控制低密度族群減少危害損失，在採收季節果小蠹尚未侵入咖啡果實，可以利用藥劑噴佈或採摘侵染果實讓蟲害密度無法增加，當密度增加且果小蠹已侵害咖啡果實種子時，就要特別注意成熟果實的採收密封處理，以及過熟果、乾果與落果的移除，在採收季節結束後應儘快清園與修剪咖啡樹，進行移除枝條上殘留的果實並清除地面落果，避免果小蠹殘留田間危害隔年的咖啡果實。

田間栽培管理防治是需要勞力進行的工作，農民種植的咖啡園地形、氣候、品種、修剪管理情形也不盡相同，因此製作「咖啡園果小蠹防治綜合管理」栽培曆，並參考2016年的夏威夷馬諾亞大學

熱帶農業與人力資源學院出版「夏威夷咖啡果小蠹綜合害蟲管理建議」(Kawabata et al., 2017)，提供咖啡園栽培管理紀錄歷程、咖啡園果小蠹防治紀錄歷程、咖啡果小蠹監測採樣方法與侵害率採樣調查表的附錄表格，供農民參考以利控制減少咖啡果小蠹的數量，降低咖啡果小蠹所造成的經濟損失。

參考文獻

朱宜芬、楊滿霞、張淑芬、陳柏宏、王泰權。2017。咖啡果小蠹於咖啡果實內之齡期組成與防治藥劑之室內藥效評估。台灣農業研究。66(4): 318–325。

行政院農業委員會農糧署。2018。農情報告資源網。https://agr.afa.gov.tw/afa/afa_frame.jsp

林明瑩、陳昇寬。2010。咖啡的重要害蟲-咖啡果小蠹。台南區農業專訊。69: 15–17。

張淑芬、林建志。2016。咖啡機械採收之研究。臺灣園藝。62(4): 292–293。

Aristizábal, L.F., A.E. Bustillo, and S.P. Arthurs. 2016. Integrated pest management of coffee berry borer: strategies from Latin America that could be useful for coffee farmers in Hawaii. Insects. 7(1): 1–24.

Benavides P., C. Góngora and A. Bustillo. 2012. IPM Program to Control Coffee Berry Borer *Hypothenemus hampei*, with Emphasis on Highly Pathogenic Mixed Strains of Beauveria bassiana, to Overcome Insecticide Resistance in Colombia. Insecticides – Advances in Integrated Pest Management. https://www.intechopen.com/books/insecticides-advances-in-integrated-pest-management/ipm-program-to-control-coffee-berry-borer-hypothenemus-hampei-with-emphasis-on-highly-pathogenic-mix

Castro, A. M., J. Tapias, A. Ortiz, P. Benavides and C. E. Góngora. 2017.

Identification of attractant and repellent plants to coffee berry borer, Hypothenemus hampei. Entomologia Experimentalis et Applicata. 164:120–130.

Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Nayarit (CESAVENAY). 2019. Campaña Contra Broca del Caféh. https://cesavenay.org.mx/?page_id=342

Constantino, L. M. 2010. La broca del café, un insecto que se desarrolla de acuerdo con la temperatura y la altitude. Technical Report. Report number: Brocarta No. 39 Cenicafé, Affiliation: Cenicafé. https://www.researchgate.net/publication/313301944

Damon, A. 2000. A review of the biology and control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). Bull Entomol Res. 90(6):453–65.

Infante, F., J. Pérez, F.E. Vega. 2012. Redirect research to control coffee pest. Nature 489: 502.

Jaramillo, J., C. Borgemeister, P. Baker. 2006. Coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae): Searching for sustainable control strategies. Bulletin of Entomological Research. 96(3): 223–233.

Kawabata, A. M., S. T. Nakamoto and R. T. Curtiss. 2017. Recommendations for coffee berry borer integrated pest management in Hawai'i 2016. University of Hawaii, Manoa publication # IP-41.

Luis, F. A., S. Suzanne, H. Robert, M. M. Gabriel, C. Bernardo, M. Traice, R. A. Steven. 2018. Field sampling strategies for coffee berry borer (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) infesting berries in coffee farms in Hawaii. International Journal of Tropical Insect Science. 38: 418–426.

Oliveira, C.M., A.M. Auad, S.M. Mendes, M.R. Frizzas. 2013. Economic impact of exotic insect pests in Brazilian agriculture. J.

Appl. Entomol. 137, 1–15.
Rodríguez, D., J. R. Cure, A. P. Gutierrez, J. M. Cotes and F. Cantor. 2013. A coffee agroecosystem model: II. Dynamics of coffee berry borer. Ecological Modelling 248: 203–214

附錄一

咖啡園果小蠹防治綜合管理

蕾期	開花期	小果期	中果期	成熟期	熟果期	枝條殘果	地上落果
誘捕器誘殺監測							
	咖啡樹的咖啡果小蠹監測						
		咖啡果小蠹侵害果實					
				果實收穫與處理		清園與植株修剪	
			採摘清除遭侵害果實、過熟果、乾果、落果				

附錄二

咖啡園栽培管理紀錄歷程

莊園名稱：＿＿＿＿＿＿＿＿ 田區編號：＿＿＿＿＿＿＿

紀錄年份：＿＿＿＿年

紀錄\月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
平均溫度(℃)												
平均降雨量(毫米)												
田間灌溉次數												
第一次開花日期												
主要開花日期												
施肥類型(用量)												
噴藥類型(用量)												

附錄三

咖啡園果小蠹防治紀錄歷程

莊園名稱：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿　　田區編號：＿＿＿＿＿＿＿＿

中華民國：＿＿＿＿＿年

紀錄\月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
誘捕器設置日期												
誘捕器中蟲體數目												
果小蠹侵害果實率												
收穫咖啡果實數量												
採摘殘果日期												
清園日期												
修剪日期												

附錄四

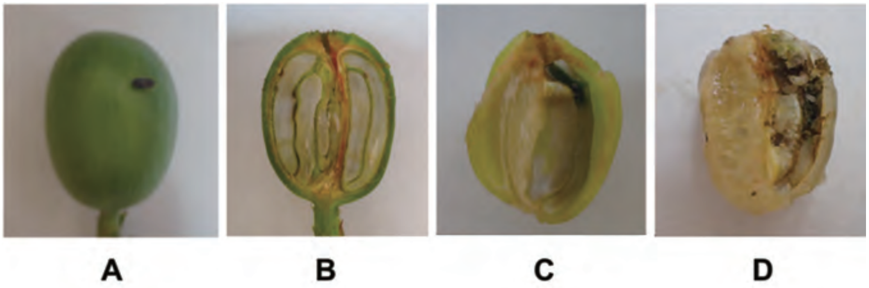
咖啡果小蠹監測採樣

一、採樣方法：

1.根據種植園齡將咖啡農場分成獨立的採樣區。
2.每公頃隨機選擇30株咖啡樹。
3.在咖啡樹的中間選擇一個有代表性的分支枝條，每株咖啡樹取樣1~4個果實，其中包含30~100個正在發育的漿果。
4.檢查所有綠色咖啡漿果的咖啡果小蠹入侵孔。
5.紀錄綠色咖啡漿果和帶有咖啡果小蠹入侵孔的漿果數量。
6.在整個種植園區以鋸齒狀重複移動的取樣調查。
7.計算每個採樣區的咖啡果小蠹侵害百分比。

二、評估咖啡果小蠹的侵害情形：

1.漿果內部受到滲透侵害的程度（AB~CD位置）可幫助農民做出控制策略的決策並評估綜合管理計畫的有效性。
2.在A、B圖中咖啡果小蠹危害果實的位置，咖啡果小蠹尚未破壞咖啡果實內的種子，在C、D圖中危害的位置，咖啡果小蠹已侵入咖啡果實中，破壞果實內的種子，無法用藥劑防治，需要將受害漿果去除。



三、咖啡果小蠹侵害百分比計算：

1.侵害感染％＝*調查表B欄總計／調查表A欄總計x 100
2.侵害咖啡果實A、B位置％＝A、B有效計數／剖開的漿果總數x 100
3.侵害咖啡果實C、D位置％＝C、D計數／剖開的漿果總數x 100
*調查表：咖啡果小蠹侵害率採樣調查表。

咖啡果小蠹侵害率採樣調查表

莊園名稱：＿＿＿＿＿＿＿＿　　田區編號：＿＿＿＿＿＿＿＿

調查人員：＿＿＿＿＿＿＿＿　　調查日期：＿＿年＿＿月＿＿日

分支枝條	A欄 綠色漿果數	B欄 受侵害的漿果數	咖啡果小蠹 侵害果實程度	備註欄
1			A☐ B☐ C☐ D☐	
2			A☐ B☐ C☐ D☐	
3			A☐ B☐ C☐ D☐	
4			A☐ B☐ C☐ D☐	
5			A☐ B☐ C☐ D☐	
6			A☐ B☐ C☐ D☐	
7			A☐ B☐ C☐ D☐	
8			A☐ B☐ C☐ D☐	
9			A☐ B☐ C☐ D☐	
10			A☐ B☐ C☐ D☐	
11			A☐ B☐ C☐ D☐	
12			A☐ B☐ C☐ D☐	
13			A☐ B☐ C☐ D☐	
14			A☐ B☐ C☐ D☐	
15			A☐ B☐ C☐ D☐	
16			A☐ B☐ C☐ D☐	
17			A☐ B☐ C☐ D☐	
18			A☐ B☐ C☐ D☐	
19			A☐ B☐ C☐ D☐	
20			A☐ B☐ C☐ D☐	
21			A☐ B☐ C☐ D☐	
22			A☐ B☐ C☐ D☐	
23			A☐ B☐ C☐ D☐	
24			A☐ B☐ C☐ D☐	
25			A☐ B☐ C☐ D☐	
26			A☐ B☐ C☐ D☐	
27			A☐ B☐ C☐ D☐	
28			A☐ B☐ C☐ D☐	
29			A☐ B☐ C☐ D☐	
30			A☐ B☐ C☐ D☐	
總計			A☐ B☐ C☐ D☐	

可應用於咖啡園田間之省工機械與管理系統

黃國祥[1*]、陳俊仁[1]、李易樺[2]、余紋萱[2]

[1] 農業試驗所農業工程組 助理研究員

[2] 農業試驗所農業工程組 研究助理

*通訊作者：hangoshan@tari.gov.tw

摘要

咖啡栽培管理項目包含整枝、施肥、雜草防治、病蟲害管理及清園等項目，因咖啡栽培管理尚未建立一系列的機具應用體系，所以本文收集可供應用於咖啡園田間管理之現有機械資料，介紹說明手持式電動樹枝剪、小型自走式施肥撒布機、鼓風式噴藥機、雜草處理機械、散置式樹枝打碎機、投入式粉碎機等機械特性與原理，另防範咖啡果小蠹擴張，本文蒐集背負式吸塵器資料，未來可試驗作為咖啡田間落果檢拾機具。在田間資訊管理方面，配合農業試驗所發展之LoRa無線通訊設備，可進行監測數據資料的採集，做為田間管理資料庫或讓農友能即時觀測咖啡園各項狀況。

關鍵詞：農業機械Agricultural Machinery、果園管理Orchard Management、清園機械 Field Clearing Machinery

一、前言

依據本所第157號特刊（咖啡栽培管理）內容，咖啡栽培管理項目包含：整枝、施肥、病蟲害管理及清園等。尤其，因為有咖啡果小蠹之問題，在清園方面至為重要。

咖啡果小蠹是咖啡上最重要果實害蟲，廣泛分布於70餘個生產咖啡的國家，主要危害樹上的果實及採收後的生豆。咖啡果小蠹是

非常不容易防治的害蟲，整個成長期均躲藏在咖啡的果實內，卵、幼蟲及蛹，甚至雄蟲均不離開咖啡的果實，只有雌蟲才會離開咖啡的果實，然後至新鮮的果實上取食產卵。咖啡果小蠹一旦入侵咖啡果，不僅蔓延速度快，且任何藥物防治都沒用，咖啡園最嚴重時損失五、六成。傳統咖啡收成後即開始防治，收成結束後全面清園，被果小蠹啃蝕過的果實全部用高溫煮過再丟棄。根據咖啡果小蠹的發生生態，要在田間進行咖啡果小蠹綜合防治，耕作防治是基本且非常重要的(Benavides et al. 2002)。由於咖啡果小蠹於果實內繁衍，不容易受到殺蟲劑的噴灑而死亡(Lin & Chen 2015)，以藥劑直接噴灑的方式死亡率皆偏低，且許多藥劑對於咖啡果小蠹並無良好的防治效果(朱等人，2017)。

已證實在採收後的咖啡種植園中，剩餘10%的咖啡果實仍留在果樹或地上(Chamorro et al. 1995)如果這些果實被咖啡蛀蟲感染，蛀蟲會繼續繁殖，耕作防治在於及時的採收果實，如果需要，應以人工或使用設備方式從地面上撿起咖啡豆(Bustillo 2002)。

本文彙整咖啡栽培管理項目可用之器械及管理紀錄系統，期望能有助於日益增加的咖啡農民或對咖啡有興趣的人員，對於咖啡機械更進一步的了解，並經由機械之應用減輕作業辛勞度且提升咖啡果實品質。

二、省工機械與管理系統

(一) 整枝機械

為方便採收及栽培管理咖啡，在咖啡果實採收後會進行徒長枝、細弱枝、病蟲害等枝條剪除。以往果園剪枝作業以人工剪枝工具進行，極為辛勞，近數年來電動樹枝剪已相當普及(圖1)，國內自102年1月至107年6月已有8種機型通過農業試驗所性能測定。

本類機械為手持式機具，主要構件包含電動剪機體、充電式電池及電控連接線等並附加背袋(用以攜帶電池與刀具)、充電器及工

具組等(圖2)。機體含有一固定刀刃及一活動刀刃，適用於最大直徑3-4公分以下樹枝之剪枝作業。剪枝時機體以馬達驅動活動刀刃進行開啟或閉合之動作，與固定刀刃產生相對運動之剪切作用而剪斷樹枝。為求作業安全，皆包含安全設計，例如，收納時可控制刀具閉合、連續快速2次按鍵啟動、作業中放開板機時活動刀刃自動張開、過載時自動復位至開口最大位置與機械數秒無動作自動斷電等功能，且具備電池低電量時顯示警示功能。

圖1 剪枝作業

圖2 電動剪枝組成

(二) 施肥管理機械

施肥器材可應用市售背負式施肥機或機具承載施肥機，大型可為乘坐式，小型則為自走式，以咖啡園之規模與需求，自走式機具應為適用機具，此類機械以汽油引擎為動力源，以皮帶傳動方式分別導出動力，提供施肥與行走裝置使用(圖3)。作業時由操作者伴行前進。其機械結構包含施肥桶以承載肥料，肥料以撒佈圓盤撒佈，可調整肥料配出口開度大小，進而改變肥料配出量。購買時應注意適用粒狀肥料種類(粒狀化肥或有機肥)，一次可裝載肥料量(公升數)及有效撒佈寬度。

合理化施肥技術及肥培管理不但可以提升咖啡作物的產量及品質，合理化施肥最重要之精神在於控制單位面積施肥量。

(三) 病蟲害管理機具

參考本所特刊，咖啡發生的蟲害種類並不多，主要為介殼蟲、咖啡木蠹蛾及東方果實蠅，另外近年在台灣開始發生的咖啡果小蠹，主要會危害咖啡果實必須相當注意。針對咖啡果小蠹台南區改良場所開發之誘殺器可以監測蟲害密度並大量誘殺；另外針對介殼蟲及咖啡木蠹蛾建議將蟲害枝條剪除燒毀；東方果實蠅防治則於咖啡園外圍樹蔭掛設含毒甲基丁香油誘殺。台灣常見之施藥機具分為液態及粉狀施用機，在不同的防治目標下採用最適當之機具來輔助施藥。

鼓風式噴藥機(圖4)為果園常見乘坐式機械可達省工效能，其主要由本機部份與噴藥機部份組成。本機部份包括機架、引擎、行走部、駕駛台及操縱控制裝置等，而噴藥機部份則包括藥液箱、攪拌器、幫浦、噴藥管路、噴嘴、送風機，部分機種包含氣流導板，假若果園樹高較低，行走路徑上方並無枝葉，可限制噴部範圍於機身2側，以節省藥液。

圖3 自走式肥料撒佈機

圖4 鼓風式噴藥機

(四) 雜草處理機械

果園草生栽培行之有年，為抑制雜草過長，需使用動力割草機進行作業，目前市售機械可分為背負式、手推或自走式、乘坐式等3大類，動力源可為引擎或電動，各機型照片如圖5-7。

圖5 乘坐式割草機

圖6 背負式電動割草機

圖7 自走式圓盤割草機

(五) 田間殘枝處理

對於修剪下的枝條早期作法是直接於田區空地露天燃燒，但由於空汙法的制定，禁止露天燃燒農業廢棄物，因此應用樹枝打碎機將枝條細碎後覆蓋於地面，或者再經處理使其成為農業資材，增加農業廢棄物的附加價值。若無需顧慮果小蠹蟲害則於田間就地處理修剪後之殘枝為經濟有效辦法。殘枝枝處理一般使用散置式樹枝打碎機(圖8)或使用投入式粉碎機(圖9)。

散置式樹枝打碎機，以引擎為動力，供給錘刀式樹枝打碎軸及行進所需之動力。錘刀式樹枝打碎刀軸位於機體前方，雙刃錘刀連結懸掛於刀軸上構成，作業時由前方入口導入散置於地面上的枝條，藉高速迴轉的錘刀組將樹枝打碎。此類機械行進速度，可依照

園區地形選擇適當排檔，往復進行打碎作業，並以支撐輪架角度調整鍾刀與地面之間隙，以滿足殘枝細碎程度的要求。一般而言可細碎枝條為未乾燥硬化且枝徑在3.5公分以下。

投入式樹枝打碎機依處理枝徑不同而有多種樣式，茲以可駕駛進入田間之較小馬力(約13hp)機種說明，此型投入式樹枝打碎機係由自走部與樹枝打碎機構兩大部分組成，自走部僅於移機時操作，構造可較為精簡，當操縱機體至田間適當位置後，將檔位定於空檔位置，並鎖定後輪，以進行樹枝打碎作業。進行打碎作業時，將欲打碎之樹枝放入機體前方進料口，藉由重力或操作者之推力，將樹枝推送進入切碎裝置內進行切碎作業，再利用切碎過程產生之離心力，將細碎物經由排料口排出。此類機械可細碎枝條枝徑可達10公分，然而人員需拾起樹枝投入機械進料口，較為辛勞。

圖8 散置式樹枝打碎機

圖9 投入式樹枝打碎機

(六) 防範咖啡果小蠹田間處理

若咖啡園需防治咖啡果小蠹，直接於田間進行散置式樹枝打碎機處理殘枝則不適合，若使用投入式樹枝打碎機則亦須將細碎物收集集中處理。至於，散落於枝幹附近之咖啡果實則需撿起，此項作業需彎腰撿拾，極為辛苦，倘若有省工機具，則可加以利用。以人工背負之吸塵器操作方式，應是可應用的選擇。

苗栗場、農業試驗所、中興大學及屏東科技大學兩校之生物機

電工程系共同開發人員背負式福壽螺清除機具(圖10)，透過小型引擎作為吸取動力源，清除田間福壽螺並以濾網集中收集，可調整管徑大小控制吸取能力，並可自由移動吸取口以清除福壽螺。咖啡果實比福壽螺輕且較小，此機具應可作為咖啡田間落果檢拾機具，將得病落果快速撿拾集中再銷毀，避免病害於咖啡園中交叉感染。此機械加以應用並試驗其效能。

圖10 福壽螺清除機具示範
(圖片出處：苗栗區農業改良場農情月刊第238期)

(七) 田間管理系統

農業試驗所近數年來發展LoRa無線通訊設備應用於田間氣象站，此系統同樣可架設於咖啡果園作為環境感測系統，系統之組成，包含：感測元件、通訊設備、後端資料庫、應用程式等部分(圖11)。實際應用可依據咖啡栽培環境特性，設置合適的感測元件，進行數位資料的收集與累積，後續可依據栽培果園即時之感測資訊，配合灌溉、肥培修正技術，做為提高果實品質標準生產

模式。此LoRa通訊設備之特點在於可直接與常用的環境感應器連接，例如溫度、濕度、光度、電導度、酸鹼度計等未來也可結合害蟲自動辨識系統，感測元件訊號輸出主要以電壓或電流為主，其硬體間的通訊控制方式以RS232、RS485或RJ45方式為主；通訊技術方面，目前使用之LoRa無線通訊設備，經測試通訊傳輸距離可以到達10公里左右，此距離可涵蓋一般農民住家與田間之距離，對於只需要監控自家田區資料而不需要將資料上傳至雲端之農戶可使用此技術以節省4G通訊費之支出，讓農友能即時觀測咖啡園各項狀況。

圖11 LoRa遠端無線通訊模組、土壤電導度探針

三、結論

國內咖啡田間管理可應用機械並不匱乏，在剪枝方面可使用手持式電動樹枝剪，在施肥方面小型自走式施肥撒布機應是很好的選擇，在病蟲害管理方面使用乘坐方式之鼓風式噴藥機械可達省工效能，在雜草處理方面亦有多樣性機具可選擇。

田間清園可使用散置式樹枝打碎機或投入式粉碎機以處理不同樣態殘枝，然而為防範咖啡果小蠹擴張，清園則須謹慎，使用背負式吸塵器應可作為咖啡田間落果撿拾機具，將得病落果快速撿拾集中再銷毀，此機械之功效未來將加以試驗。

農業試驗所發展之LoRa通訊設備，可依據咖啡栽培環境特性，設置合適的感測元件，進行數位資料的收集與累積，做為田間管理資料庫或讓農友能即時觀測咖啡園各項狀況。

參考文獻

1. 朱怡芬、楊滿霞、張淑芬、陳柏宏、王泰權。 2017。咖啡果小蠹於咖啡果實內之齡期組成與防治藥劑之室內藥效評估 。台灣農業研究 66(4):318-325。
2. 林家玉。2019。苗栗區農情月刊。第 238 期。
3. 張淑芬、楊宏仁、劉禎祺、林明瑩。2011。咖啡栽培管理。臺中縣：行政院農業委員會農業試驗所。
4. BUSTILLO, A. E. 2002. El manejo de cafetales y su relación con el control de la broca del café en Colombia. FNC Cenicafé, Chinchiná, Colombia. Boletín Técnico No. 24, 40 p.
5. CHAMORRO, T. G.; CARDENAS, R.; HERRERA, H. A. 1995. Evaluación conómica y de la calidad en taza del café proveniente de diferentes sistemas de recolección manual, utilizables como control en cafetales infestados de Hypothenemus hampei. Revista Cenicafé (Colombia), 46(3): 164175.
6. Lin M.Y., Y.F. Wu, and S.K. Chen. 2010. Monitoring survey of coffee berry borer, Hypothenemus hampei and its control in the field. Tainan Dist Agric Res Ext Stat 56: 35-44. (in Chinese with English abstract)

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

咖啡果小蠹防治研究暨田間綜合管理研討會專刊 / 張淑芬等編輯.
-- 初版. -- 臺中市：農委會農試所, 民 108.11
面：19×26公分 -- (農業試驗所特刊；第224號)

ISBN 978-986-5440-48-0 (平裝)
1.咖啡 2.植物病蟲害

434.183 108021263

編　　號：農業試驗所 2019 年 010 號
書　　名：咖啡果小蠹防治研究暨田間綜合管理研討會專刊
發 行 人：林學詩
編　　輯：張淑芬、張哲瑋、倪蕙芳、陳甘澍
出版機關：行政院農業委員會農業試驗所
地　　址：臺中市霧峰區萬豐里中正路 189 號
網　　址：http://www.tari.gov.tw
電　　話：04-23302301
出版日期：中華民國 108 年 11 月
版　　次：初版
展售門市：1. 行政院農業委員會農業試驗所圖書館 (04) 23317035
2. 國家書店 / 104 臺北市松江路209號1樓 (02) 25180207
國家網路書店 http://www.govbooks.com.tw
3. 五南文化廣場 / 400 臺中市中山路6號 (04) 22260330
定　　價：新台幣 250 元
承 印 者：蘭潭彩色印刷股份有限公司
I S B N：9789865440480 (平裝)
G P N：1010802404

版權所有、轉載須經本所同意